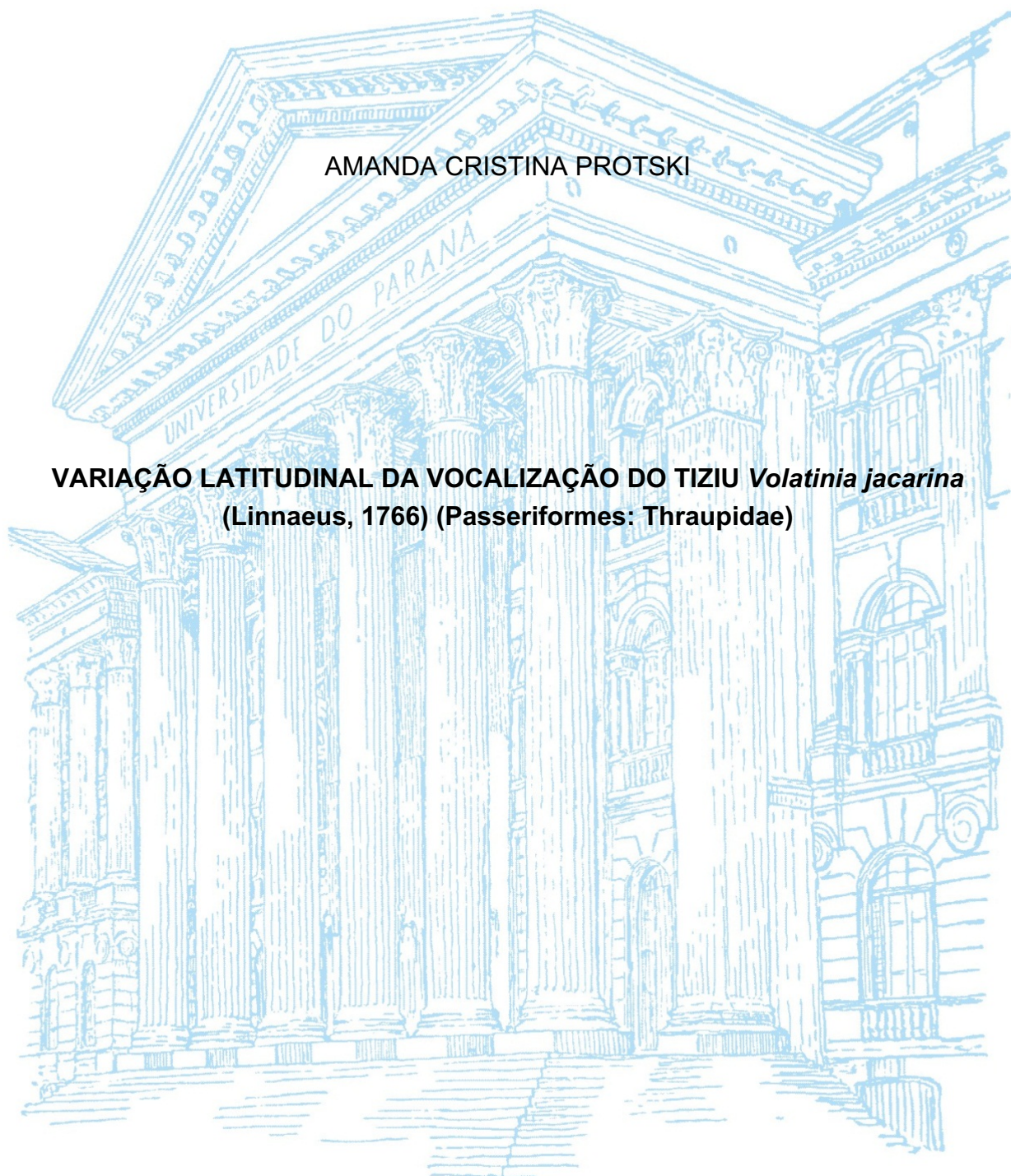


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AMANDA CRISTINA PROTSKI

**VARIAÇÃO LATITUDINAL DA VOCALIZAÇÃO DO TIZIU *Volatinia jacarina*
(Linnaeus, 1766) (Passeriformes: Thraupidae)**



CURITIBA

2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AMANDA CRISTINA PROTSKI

**VARIAÇÃO LATITUDINAL DA VOCALIZAÇÃO DO TIZIU *Volatinia jacarina*
(Linnaeus, 1766) (Passeriformes: Thraupidae)**

Monografia apresentada como requisito à
obtenção do grau de Bacharel em Ciências
Biológicas e avaliação da disciplina
Estágio Curricular em Biologia (BIO028).

Orientadora: Profa. Dra. Lilian Tonelli
Manica

CURITIBA

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

AMANDA CRISTINA PROTSKI

VARIAÇÃO LATITUDINAL DA VOCALIZAÇÃO DO TIZIU *Volatinia jacarina* (Linnaeus, 1766) (Passeriformes: Thraupidae)

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Paraná.

Profa. Dra. Lilian Tonelli Manica

Orientadora – Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná

Prof. Dr. Maurício Osvaldo Moura, Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Paraná

Profa. Dra. Regina Helena Ferraz Macedo, Departamento de Zoologia, Universidade de Brasília

Curitiba 2017

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por todo o esforço que me permitiu chegar até aqui.

Aos amigos da biologia pelos bons momentos desde o primeiro semestre. A faculdade não me teria proporcionado tanto crescimento pessoal e tantas experiências boas sem vocês.

À minha orientadora, Lilian, por todo o suporte, compreensão e pela oportunidade de desenvolver esse projeto.

Aos colegas de laboratório pelas conversas acadêmicas (ou não!) e pela aprendizagem adquirida nos campos.

Aos amigos de intercâmbio por todas as conversas, acolhimento e dramas durante esse período tão intenso das nossas vidas.

Ao meu namorado, *mein lieber*, Raffaello, por todos os momentos juntos e todo o apoio emocional mesmo à um oceano de distância. *Die Zukunft gehört uns!*

*Todos esses que aí estão
Atravancando meu caminho,
Eles passarão...
Eu passarinho!*

Mario Quintana

RESUMO

A seleção sexual explica a existência e manutenção de caracteres e comportamentos energeticamente custosos em um dos sexos, geralmente em machos. Entretanto, a variação em ampla escala dessa seleção dentro de uma espécie é pouco estudada. O presente estudo teve por objetivo elucidar padrões biogeográficos da seleção sexual no tiziu (*Volatinia jacarina*). Esta espécie de ave Neotropical possui ampla distribuição geográfica no continente americano (desde o México até a Argentina), dimorfismo sexual e os machos realizam exibições comportamentais (displays) durante as estações reprodutivas para atrair fêmeas. Os displays consistem em pequenos voos (saltos) que expõem manchas brancas subaxilares presentes apenas nos machos, além de rotação do corpo no ponto mais alto, enquanto emitem curta vocalização. Os displays são, portanto, multimodais envolvendo modalidades motoras, acústicas e visuais e são energeticamente custosos, podendo seus parâmetros serem utilizados pelas fêmeas como indicativo de qualidade. Considerando a ampla distribuição da espécie, propusemos que tal comportamento estaria sob influência de diferentes intensidades de seleção sexual e natural ao longo de uma escala espacial. Mais especificamente, procuramos identificar uma variação no canto do tiziu em diferentes latitudes e climas. Para testar isso, 63 vocalizações provenientes de diferentes latitudes foram analisadas quanto à duração do canto, banda de frequência e frequência de pico e foram relacionadas com latitude e clima. Nossos resultados mostraram uma variação em 2 dos 3 parâmetros bioacústicos para diferentes latitudes e climas. A duração do canto é influenciada apenas pela latitude, sendo mais curta em altas latitudes (24 a 33°S) e mais longa em latitudes do norte, no limite da distribuição da espécie (10° a 20°N). A banda de frequência é influenciada tanto pela latitude quanto pelo clima. Bandas de frequências mais estreitas estão localizadas em latitudes ao norte (próximo ao México, 10° a 20°N) e as mais amplas em latitudes próximas ao Equador (0°N a 10°N). Apesar das médias mais baixas em climas Cfb (sazonais para temperatura) e mais altas em climas Am (média sazonalidade para precipitação), a diferença da banda de frequência entre os climas não foi significativa, não sendo possível identificar um padrão da influência do clima neste parâmetro. A frequência de pico mostrou não sofrer influência nem da latitude nem do clima. Hipóteses para explicar as variações no canto encontradas incluem influência do comportamento migratório da espécie na força de seleção sexual, influência da perturbação ambiental nos parâmetros bioacústicos e competição entre machos (seleção intrasexual). Em conclusão, pode-se dizer que existe variação no comportamento vocal do tiziu no gradiente latitudinal e climático. A inclusão de outras variáveis nas análises e diferentes tratamentos dos dados devem explicar melhor o resultado obtido.

Palavras chaves: macroecologia, seleção sexual, gradiente latitudinal, gradiente climático, *Volatinia jacarina*.

ABSTRACT

Sexual selection can explain the existence and maintenance of characters and behaviors that are energetically costly to one sex, usually males. However, the wide-scale variation of this selection process within a species is poorly studied. The aim of this study is to elucidate biogeographic patterns in sexual selection in blue-black grassquits (*Volatinia jacarina*). This Neotropical bird species is widely distributed in the Americas (from Mexico to Argentina), it is sexually dimorphic and the males exhibit a courtship display performed during breeding seasons. This courtship display involves a vertical flight (leap) with a rotation of the body at the peak that exposes white under-wing patches. There is also a short song produced during the display. Therefore, the displays are multimodal containing motor, acoustic and ornamental modalities that are energetically costly, constituting an honest signal of quality to the females. We considered that, given the wide geographic distribution of blue-black grassquits, this complex behavior should be under the influence of different strengths of sexual and natural selection along a spatial scale. To test this hypothesis, we analysed 63 vocalisations from grassquits in different latitudes. Song length, frequency bandwidth and peak frequency relatedness with latitude and climate were tested using multiple linear regression analysis. Our results showed that there is variation in two out of three bioacoustics parameters tested for different latitudes and climates. We found that blue-black grassquits song length is influenced only by latitude, being shorter in southern high latitudes (24 to 33 ° S) and longer in northern latitudes, at the limit of species distribution (10 ° to 20 ° N). The frequency bandwidth is influenced by both latitude and climate. Narrower bandwidths are located in northern latitudes (near Mexico, 10 ° to 20 ° N) and the larger ones in latitudes near Ecuador (0 ° N to 10 ° N). Despite the lower bandwidth means in Cfb climates (strong seasonality for temperature) and higher ones in Am climates (average seasonality for precipitation), this differences between climates were not statically significant. Therefore, it was not possible to identify a pattern of climate influence on this parameter. The peak frequency is not influenced by latitude nor climate. Explanations for this song variation include the influence of migratory behavior in the strength of sexual selection, influence of environmental disturbance in the bioacoustics parameters and competition between males (intrasexual selection). We can conclude that there is variation in the blue-black grassquit song patterns within the latitudinal and climatic gradients analysed. Including other behavioral, environmental and ecological variables in the analyses should give us a better understanding of the sexual selection patterns within the species.

Key-words: macroecology, sexual selection, latitudinal gradient, climatic gradient ,
Volatinia jacarina.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivos	12
2 MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1. Coleta e análise de dados	13
2.2. Análises estatísticas	17
3 RESULTADOS.....	18
3.1 Duração do canto	18
3.2 Banda de Frequência	19
3.3 Frequência de Pico	20
4 DISCUSSÃO	21
5 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
APÊNDICE 1 – LISTA DE GRAVAÇÕES	28

1 INTRODUÇÃO

A seleção sexual, descrita pela primeira vez por Darwin em 1871, foi definida por ele como “a vantagem em relação exclusiva à reprodução que certos indivíduos têm sobre outros indivíduos do mesmo sexo e espécie”. A seleção sexual, portanto, resulta na competição entre indivíduos do mesmo sexo pela cópula com indivíduos do sexo oposto, sendo mediada por lutas e/ou pela exibição de caracteres atrativos (Andersson 1994). Os caracteres sexuais secundários não estão necessariamente diretamente relacionados à reprodução e podem incluir armas de ataque e defesa em lutas, coloração vistosa, ornamentos, vocalizações, odores, tamanho e força (Darwin 1871). Além disso, os indivíduos podem exibir comportamentos específicos para mostrar seus atributos para o sexo oposto, como ocorre em aves cujos rituais de corte incluem exibições de dança e canto dos machos. Tais características podem ser, entretanto, custosas e reduzirem a chance de sobrevivência, pois além de implicarem em custos de tempo e energia também tornam os indivíduos mais vulneráveis e expostos à predadores (Alcock 2011). Dessa forma, características sexuais secundárias são selecionadas pelo sexo oposto por sinalizarem qualidade (Darwin 1871), embora ainda existam controvérsias sobre os benefícios da escolha pelo parceiro (Andersson & Simmons 2006). Em aves, a escolha da fêmea baseada em caracteres dos machos vem sendo evidenciada há décadas por diversos estudos, por exemplo pela escolha por qualidade motora (Byers *et al.* 2010), vocalizações mais complexas (Catchpole 1980), plumagem mais colorida (Hill 1990) ou ornamentação e comprimento da cauda (Møller 1998).

Apesar de a seleção sexual ser um mecanismo evolutivo bem difundido na literatura, os estudos acerca do tema se baseiam em dados provenientes de regiões temperadas (Macedo *et al.* 2008, Macías-Ordoñez *et al.* 2013, Zuk 2016). Esta é uma tendência apontada não somente para estudos de seleção sexual, mas em ecologia comportamental em geral. Por exemplo, embora cerca de 80% das espécies de Passeriformes residam na região dos trópicos, a maioria dos estudos feitos até hoje são baseados em espécies de regiões temperadas (Stutchbury & Morton 2001, 2008). Esse viés pode ser explicado pela concentração de institutos de pesquisa nas regiões da Europa e América do Norte, e sua consequência é a falta de teorias desenvolvidas com base em dados de espécies neotropicais. Com

isso, os fundamentos são embasados em histórias naturais típicas de regiões temperadas e levam a generalizações que consideram o comportamento de espécies Neotropicais como exóticos e exceções à regra, mesmo que elas sejam a maioria em número (Stutchbury & Morton 2001).

Outra abordagem pouco investigada em ecologia comportamental é a variação dos caracteres sexuais em uma ampla escala espacial, como os padrões biogeográficos de seleção sexual e a variação de estratégias reprodutivas ao longo de gradientes latitudinais ("Macroecologia dos caracteres sexuais", Macías-Ordoñez *et al.* 2013). Em se tratando dos neotrópicos, o gradiente latitudinal apresenta grande heterogeneidade em relação à vegetação, paisagens e ao clima. Por isso, o termo latitude neste caso pode ser considerado uma simplificação para gradiente climático. O clima é uma condição abiótica com importante influência sobre características da história de vida dos organismos, como comportamento, morfologia e fisiologia (Macías-Ordoñez *et al.* 2013). Por exemplo, variações climáticas estacionais na temperatura e média pluviométrica podem interferir na duração da estação reprodutiva e na disponibilidade de recursos, influenciando na maneira como os indivíduos alocam energia no esforço reprodutivo (Magrath & Komdeur 2003, Macías-Ordoñez *et al.* 2013). Os neotrópicos apresentam grande variedade de climas devido à sua formação e à influência de dois oceanos (Macías-Ordoñez *et al.* 2013). Espera-se, portanto, uma diferença comportamental entre indivíduos de populações localizadas em diferentes latitudes, devido ao efeito do clima na direção e força da seleção sexual.

Para testar esta hipótese, o presente trabalho tem como objeto de estudo uma ave Neotropical, o tiziu (*Volatinia jacarina*, Passeriformes: Thraupidae). Esta espécie apresenta ampla distribuição geográfica, ocorrendo desde o México ao sul da América do Sul, incluindo todo o Brasil (Sick 2001). Ademais, apresenta dimorfismo sexual, sendo que os machos adquirem plumagem nupcial negro-azulada iridescente (Doucet 2002, Maia & Macedo 2011) com as axilares e coberteiras inferiores da asa branca, enquanto que fêmeas e jovens são pardos nas partes superiores e esbranquiçados nas partes inferiores (Sick 2001). Outro atributo da espécie são as exibições comportamentais (displays) dos machos que, em período reprodutivo, realizam pequenos voos verticais ("saltos"), que expõe as manchas brancas subaxilares, rotacionando o corpo no ponto mais alto, enquanto emitem curta vocalização (Manica *et al.* 2013), podendo realizar séries de 12 a 14

saltos por minuto (Sick 2001). Estas exhibições são, portanto, consideradas sinais multimodais com modalidades motoras, acústicas e visuais e são energeticamente custosas (Manica et al. 2017). Estudos anteriores demonstraram a escolha de parceiros pela qualidade dos saltos nos displays, evidenciando uma importante influência da seleção sexual na espécie e corroborando tais caracteres como sinais honestos para medir esta seleção (Manica et al. 2016). Todos esses fatores colocam o tiziu como espécie-modelo ideal para testar a hipótese de variação no comportamento reprodutivo (displays) em diferentes latitudes em diferentes condições climáticas.

1.1 Objetivos

O presente estudo tem como objetivo testar a existência de variação no comportamento vocal da espécie *Volatinia jacarina* dentro de um gradiente latitudinal e climático. Mais especificamente, assumindo que exista variação na duração da estação reprodutiva em diferentes climas e latitudes e, portanto, diferença na força da seleção sexual e no comportamento reprodutivo (Ricklefs 1966, Wyndham 1986, Stutchbury & Morton 2001).

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Coleta e análise de dados

Os registros sonoros da espécie foram obtidos no banco de dados da plataforma online da Macauly Library (www.macaulylibrary.org). A amostra possui um total de 63 gravações com origem em diferentes localidades desde o México até a Argentina, abrangendo toda a área de distribuição descrita para *V. jacarina* (Sick 2001) (FIGURA 1). Foram excluídos da amostra arquivos que não contivessem a vocalização de display da espécie. As latitudes contempladas variaram entre 33°S e 18°N.

FIGURA 1 – AMPLA DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE *Volatinia jacarina*



FONTE: *Neotropical Birds Online* (2017).

Os dados climáticos foram coletados para cada amostra utilizando o software ArcGIS®. No mapa climático atualizado de Koppen-Geiger (Peel et al. 2007) foram plotadas as coordenadas geográficas de cada amostra e extraída a classificação de clima conforme localização no mapa (FIGURA 2). Foram identificados seis diferentes climas dentre todas as amostras: Clima Tropical Húmido (Af), Clima de Monção (Am), Clima Tropical de Savana (Aw), Clima Desértico Quente (BWh),

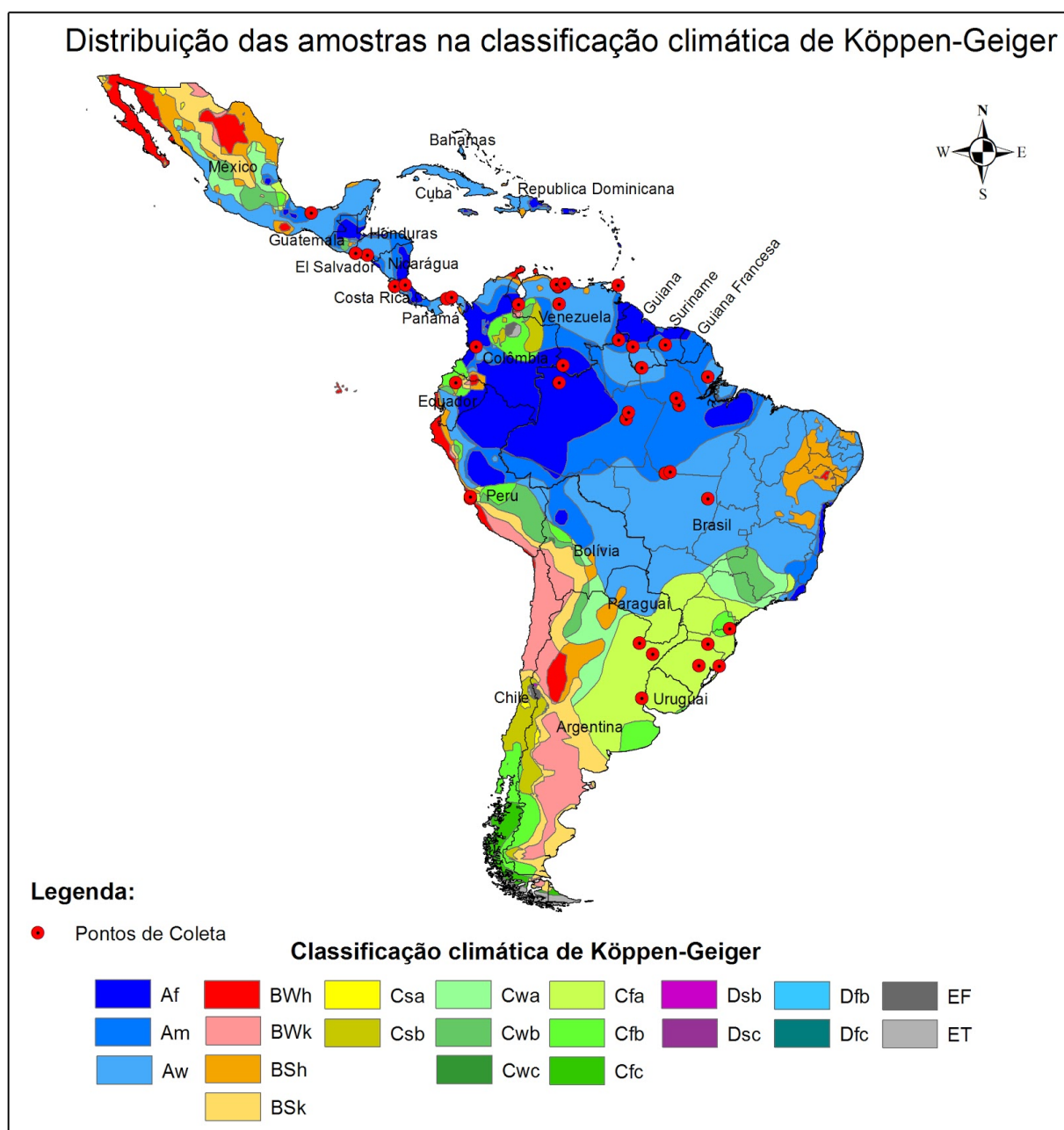
Clima Temperado Húmido com Verão quente (Cfa) e Clima Temperado Húmido com Verão Morno (Cfb) (Peel et al. 2007). Os climas com iniciais A são considerados tropicais, sendo a segunda letra referente ao regime de precipitação, Af – ocorrência de precipitação significativa em todos os meses do ano, Am – sazonal, porém precipitações ocorrem mesmo na estação seca, Aw – sazonalidade acentuada, estações secas e chuvosas bem definidas. Isso significa que, apesar de todos serem tropicais, o clima Af apresenta pequena variação anual no fotoperíodo, média de temperatura e precipitação, enquanto que Aw e Am apresentam sazonalidades que podem influenciar na duração do período reprodutivo (Macías-Ordoñez et al. 2013). Já o clima desértico quente (BWh) apresenta pequenos e críticos períodos de precipitação para um grande período de seca. Os climas Cfa e Cfb não possuem estação seca, ocorrendo precipitações em todos os meses do ano, ou seja, apresentam pouca sazonalidade pluviométrica, porém apresentam estações do ano bem definidas, com baixas temperaturas no inverno. Em resumo, assumimos que o clima Af é pouco sazonal, enquanto que os demais são sazonais (precipitação em Aw, Am e BWh e temperatura em Cfa e Cfb) (TABELA 1). O uso dos tipos climáticos nas análises nos permitiu testar diferenças nos parâmetros em função do clima, independentemente da latitude.

TABELA 1 – RESUMO DA SAZONALIDADE DOS DIFERENTES CLIMAS ENCONTRADOS NA AMOSTRA

Classificação climática	Sazonalidade	Grau de sazonalidade
Af	Precipitação	Baixo
Am	Precipitação	Médio
Aw	Precipitação	Alto
BWh	Precipitação	Alto
Cfa	Temperatura	Alto
Cfb	Temperatura	Alto

FONTE: A autora (2017).

FIGURA 2 – MAPA DE DISTRIBUIÇÃO DAS AMOSTRAS NA CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE KÖPPEN-GEIGER

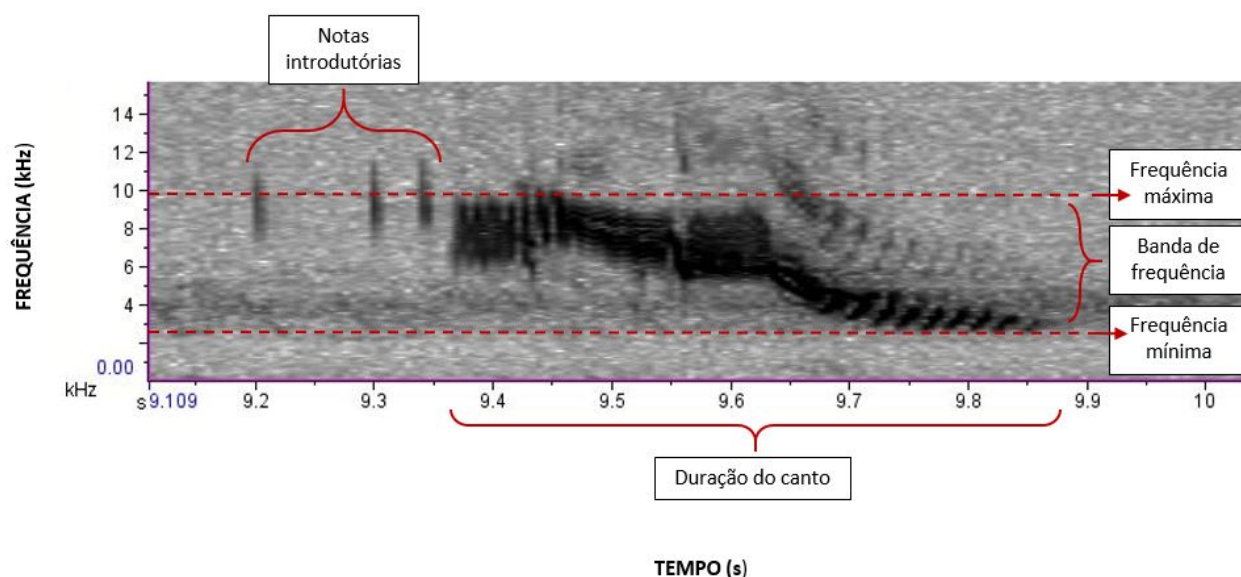


FONTE: Protski & Poncio (2017).

Para cada gravação, foram escolhidos 5 cantos ao longo do arquivo, exceto para dois indivíduos dos quais foram extraídas três e quatro amostras, respectivamente, devido à sua curta duração. Por serem consideradas simples, não foram consideradas as notas introdutórias facilmente identificadas no espectograma (gráfico tempo x frequência) gerado no software RavenPro® v. 1.5

(<http://www.birds.cornell.edu/brp/raven/RavenOverview.html>) seguindo o protocolo de Manica et al. (2016, 2017) (FIGURA 3).

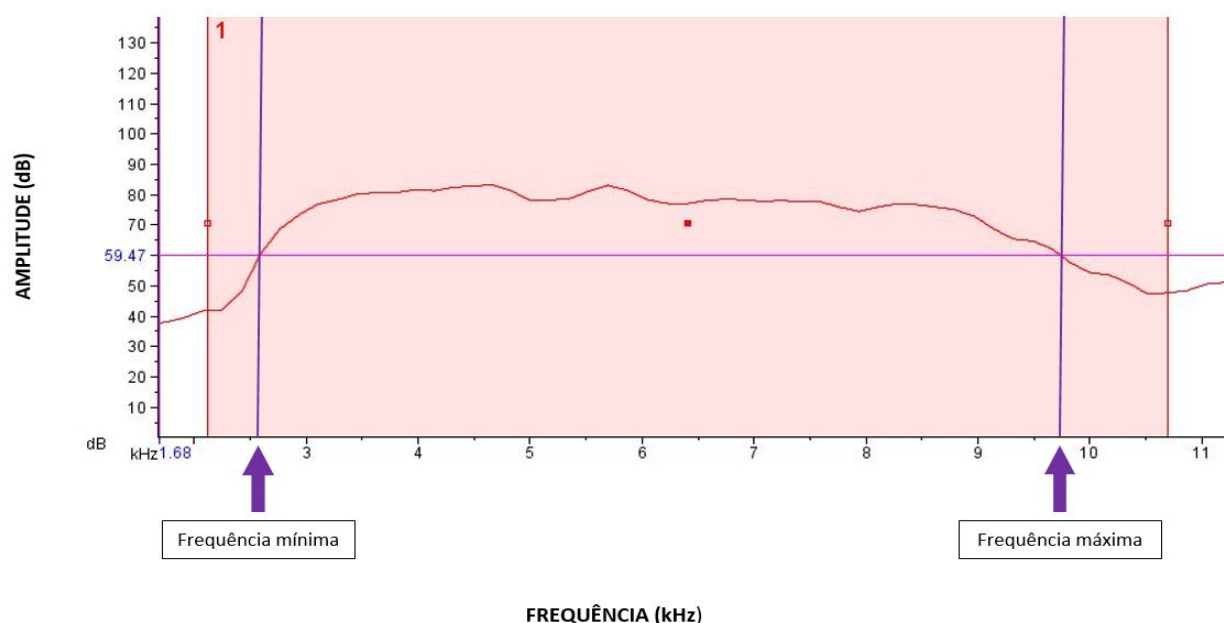
FIGURA 3 – ESPECTOGRAMA E MEDIDAS ACÚSTICAS



Representação gráfica da Frequência (kHz) versus Tempo (s) (Espectograma) de um canto de *V. jacarina* e as respectivas medidas acústicas mensuradas. As notas introdutórias foram desconsideradas nas análises. FONTE: A autora (2017).

Para cada um dos 5 cantos selecionados dentro do arquivo, foram mensurados os seguintes parâmetros acústicos: duração do canto (s), banda de frequência (Hz) e pico de frequência (Hz), que corresponde à frequência de maior energia no canto. A banda de frequência, diferença entre frequência máxima e frequência mínima, foi medida utilizando o gráfico de espectro de potência (*power spectrum*) segundo protocolo sugerido por Podos (1997) (FIGURA 4). Foi realizado o cálculo da média de cada parâmetro acústico para cada indivíduo.

FIGURA 4 – GRÁFICO DE ESPECTRO DE POTÊNCIA



O gráfico de espectro de potência (Amplitude (dB) versus Frequência (kHz)) foi utilizado para calcular a diferença entre a frequência máxima e mínima (banda de frequência). FONTE: A Autora (2017).

2.2. Análises estatísticas

Os parâmetros da vocalização (duração, banda de frequência e pico de frequência) foram relacionados com a latitude juntamente com o clima, utilizando uma regressão linear múltipla no programa R 3.4.0 (R Core Team 2017). As variáveis duração e pico de frequência foram transformadas em log para melhorar a sua distribuição. As premissas de normalidade e homocedasticidade foram atendidas depois da aplicação da análise. A significância das diferenças entre as médias foi testada utilizando o teste de Tukey. O valor de alfa foi definido como 0,05 em todas as análises.

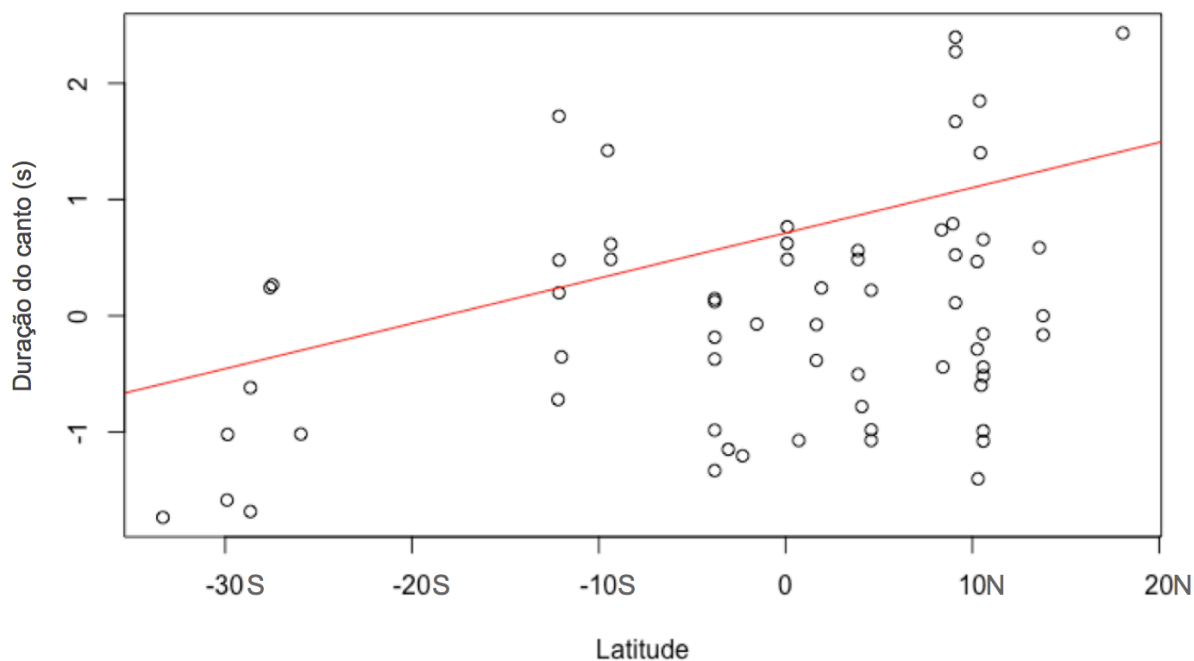
3 RESULTADOS

A duração do canto teve em média $0,45 \pm 0,08$ segundos, a banda de frequência, $6987,10 \pm 1320,83$ Hz, sendo $3303,43 \pm 708,17$ Hz a média da frequência mínima e $10237,57 \pm 1207,52$ Hz da frequência máxima. O pico de frequência foi em média de $6215,92 \pm 1351,46$ Hz ($n=312$ amostras de 63 indivíduos, em todos os casos).

3.1 Duração do canto

A duração de canto relacionou positivamente com a latitude ($F_{1,56}=4,63$, $p<0,05$) (FIGURA 5), porém não variou significativamente com o tipo climático ($F_{5,56}=1.41$, $p=0,23$). O poder de previsão desta análise foi baixo ($R^2=0,14$), indicando que outros fatores além da latitude também influenciam a duração do canto.

FIGURA 5 – DURAÇÃO DO CANTO X LATITUDE

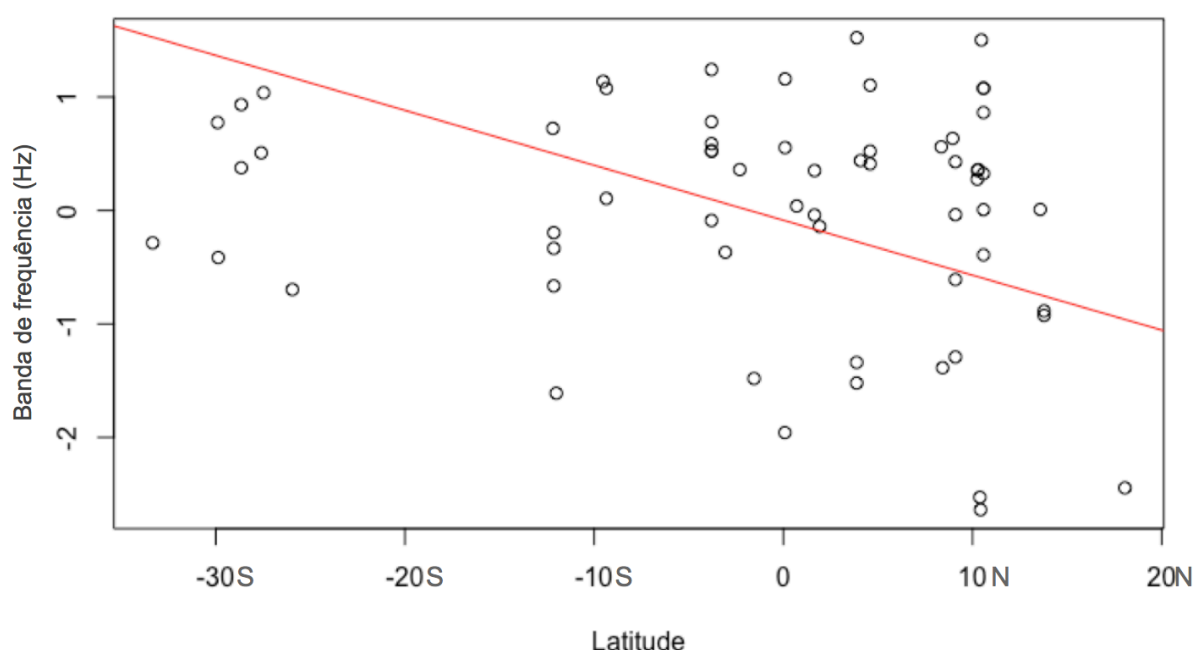


Regressão linear entre o logaritmo da duração do canto (s) e a latitude ($\beta_1= 0,51 \pm 0,23$), sendo as latitudes negativas aquelas localizadas no hemisfério sul, zero o equador e as positivas aquelas localizadas no hemisfério norte. FONTE: A Autora (2017).

3.2 Banda de Frequência

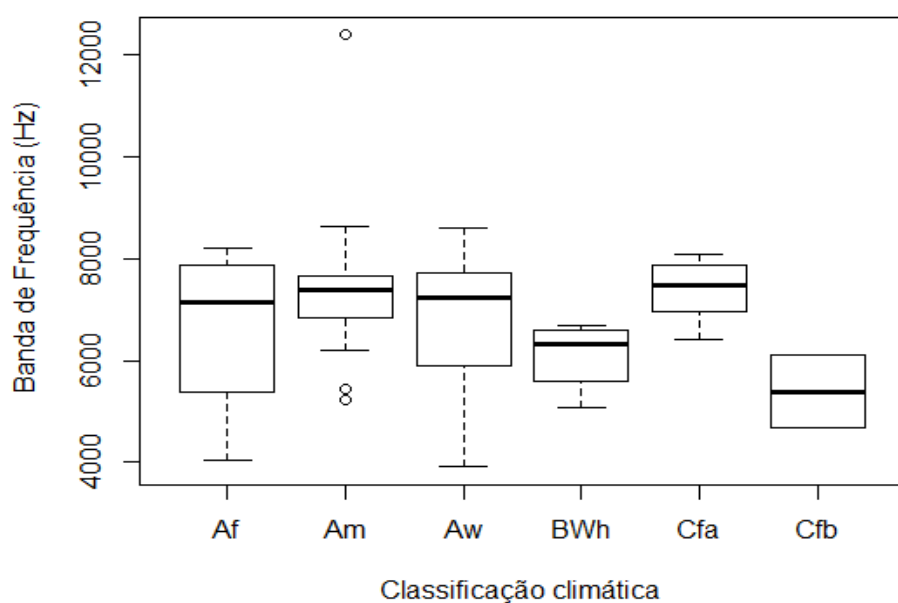
A banda de frequência do canto do tiziu relacionou negativamente com a latitude ($F_{1,55} = 7,06$, $p < 0,01$) (FIGURA 6), assim como com o clima ($F_{5,56} = 2,85$, $p < 0,05$) (FIGURA 7). O poder de previsão desta análise foi baixo ($R^2 = 0,14$), indicando que outros fatores além da latitude e clima influenciam a banda de frequência. Entretanto, o teste Tukey mostrou não haver diferenças significativas entre as médias para cada clima quando estes são comparados par a par. Ou seja, existe variação significativa entre as médias porém não necessariamente entre os diferentes agrupamentos de climas.

FIGURA 6 – BANDA DE FREQUÊNCIA X LATITUDE



Regressão linear entre o logaritmo da banda de frequência (Hz) e a latitude ($\beta_1 = -0,64 \pm 0,24$), sendo as latitudes negativas aquelas localizadas no hemisfério sul, zero o equador e as positivas aquelas localizadas no hemisfério norte. FONTE: A Autora (2017).

FIGURA 7 – BANDA DE FREQUÊNCIA X CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA



Boxplot da banda de frequência (kHz) em cada uma das classificações climáticas. Fonte: A Autora (2017).

3.3 Frequência de Pico

A latitude não tem influência sob a frequências de pico ($F_{1,56} = 0,001$, $p=0,96$). Também foi rejeitada a hipótese que a frequência de pico é afetada pelas diferentes classificações climáticas ($F_{5,56} = 1,49$, $p=0,20$).

4 DISCUSSÃO

Analizamos três diferentes parâmetros acústicos (duração, banda de frequência e frequência de pico) entre diferentes latitudes e climas com o objetivo de verificar a existência de um padrão de variação comportamental entre diferentes populações de *Volatinia jacarina*. Nossos resultados médios para as variáveis acústicas estão de acordo com os descritos anteriormente para a espécie (Fandiño-Mariño & Viellard 2004). Foi possível constatar variação em 2 dos 3 parâmetros. A duração do canto variou apenas em diferentes latitudes enquanto que a banda de frequência apresentou variação tanto para diferentes latitudes quanto para diferentes climas. A variação na frequência de pico não é influenciada nem pela latitude tão pouco pelo clima. Estes resultados não estão em total acordo com o padrão encontrado em estudos anteriores para outras espécies de aves. Kaluthota et al. (2016) não encontraram variação na duração do canto dentro do gradiente latitudinal para *Troglodytes aedon*, embora tenham encontrado variação para outros parâmetros do canto como a banda de frequência, ainda que com baixo poder de previsão. Já Botero et al. (2009), em estudo com diferentes espécies de Mimidae, constatou cantos mais complexos (maior duração e número de notas) em ambientes com climas menos previsíveis, porém também com baixo poder de previsão.

As populações mais ao sul do Hemisfério Sul (altas latitudes) apresentaram diferenças em relação às populações de baixas latitudes (próximo ao equador) e latitudes ao norte do equador. Cantos mais longos ocorrem em latitudes ao norte (próximo ao México, 10° a 20°N), enquanto que cantos mais curtos estão concentrados em latitudes altas (próximo à Argentina, 24 a 33°S). Já as bandas de frequência mais estreitas estão localizadas em latitudes ao norte (próximo ao México, 10° a 20°N) e as mais amplas em latitudes próximas ao Equador (0°N a 10°N). As médias para a banda de frequência se mostraram menores no clima Cfb (sazonal quanto à temperatura) e maiores no clima Am (sazonalidade média em relação à precipitação), porém tais diferenças entre climas não é significativa.

Os resultados quanto ao baixo poder de previsão da influência da latitude sob a banda de frequência podem estar relacionados ao tipo de habitat em que a espécie vive. Estudos anteriores mostraram não haver um padrão na variação latitudinal na banda de frequência de espécies residentes de áreas abertas. O

tamanho da banda de frequência e suas modulações parecem ser mais importantes em espécies florestais pelo maior índice de ruído ambiental e pelo fato das características do ambiente promoverem maior atenuação de frequências altas (Weir et al. 2012). Espécies de ambientes abertos como o tiziu estão menos sujeitas a tal limitação.

A menor duração do canto em altas latitudes e pode ser explicada pelo fato deste parâmetro estar mais sujeito à seleção intrasexual (competição entre machos) do que intersexual (escolha das fêmeas). Segundo Catchpole (1980, 1982) a seleção intrasexual favorece cantos curtos e estereotipados, ao contrário dos sons longos e complexos gerados pela seleção intersexual. O canto do tiziu exibe alto grau de estereotipia (Fandiño-Mariño & Vielliard 2004, Dias 2009), entretanto uma investigação mais precisa é necessária, pois a duração do canto já foi relacionada positivamente com a altura do salto, sendo esta última uma característica selecionada pela fêmea (Manica et al. 2016).

Outra hipótese para as variações nas medidas de frequência seria quanto à influência e resposta dos tizius à perturbação ambiental. Nossa amostra possui dados de indivíduos tanto em zonas agrícolas urbanas quanto áreas de preservação ambiental. Já foram relatadas modulações na frequência de canto para outras espécies de aves em áreas urbanas, como adaptação à poluição sonora (Slabbekoorn & Peet 2003), inclusive em beiras de estrada próximas a áreas agrícolas (Parris & Schneider 2008). Apesar de ser aceito que a espécie habita áreas degradadas pela ação humana (Carvalho et al. 2004), não há estudos sobre a influência dessa degradação no seu comportamento vocal. Portanto, dados de frequência podem ter sofrido influência ambiental diferente da prevista.

Outro aspecto que também merece destaque refere-se ao comportamento migratório de *V. jacarina*. Não se sabe se os indivíduos da nossa amostra são provenientes de populações sedentárias ou migratórias. Entretanto, aves migratórias estão sob maior pressão de seleção sexual pois ocupam suas áreas de reprodução por menos tempo, tendo um período reduzido para estabelecer territórios, encontrar parceiros e se reproduzirem (Collins et al. 2009). Portanto, a migração também pode influenciar na duração da estação reprodutiva e consequentemente na complexidade do canto. Em uma análise futura, a inclusão do

hábito migratório das populações pode permitir uma análise mais robusta e que controle este viés.

Neste estudo, apenas a estrutura do canto foi analisada e de uma maneira simplificada. Relacionar diferentes métricas e taxas de canto também pode ser útil para indicar a complexidade do canto e performance vocal, como taxa de trinado e banda de frequência foram relacionados em estudos anteriores (e.g., Podos 1997). Já foi mostrado que a taxa de canto já se relaciona com qualidade do território (número de sementes) em *V. jacarina*, podendo ser um sinal honesto de qualidade a ser utilizado por fêmeas na escolha de seus parceiros (Manica et al. 2014). Além disso, apesar da duração do canto estar positivamente relacionada com a altura do salto, sendo esta última uma característica selecionada pelas fêmeas (Manica et al. 2016), uma análise com mais elementos do display seria mais adequada. A análise de mais elementos do display multimodal aliados a informações ambientais (e.g. médias de precipitação para cada ponto amostral), ecológicas (e.g. duração do período reprodutivo para cada população) e comportamentais (e.g. dados migratórios) pode elucidar melhor o padrão de comportamento da espécie em diferentes gradientes climáticos e latitudinais.

5 CONCLUSÃO

Em resumo, nosso estudo mostra variações em 2 parâmetros bioacústicos (duração e banda de frequência) do canto de *V. jacarina* ao longo do gradiente latitudinal e climático. Mais especificamente, a duração do canto varia com a latitude e a banda de frequência varia tanto com a latitude quanto com o clima. A frequência de pico não mostrou sofrer influência da latitude ou do clima. Variáveis que não foram incluídas nas análises devem explicar melhor o resultado obtido. Este foi o primeiro passo para um estudo em ampla escala da espécie, onde pretende-se a incorporação de outros dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCOCK, J. 2011. **Comportamento Animal: Uma abordagem evolutiva**. Artmed, Porto Alegre, RS.
- ANDERSSON, M. 1994. **Sexual Selection**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- ANDERSSON, M. & SIMMONS, L. W. 2006. **Sexual selection and mate choice**. Trends in Ecology & Evolution 21:296–302.
- BOTERO, C. A., BOOGERT, N. J., VEHRENCAMP, S. L. & LOVETTE, I. J. 2009. **Climatic Patterns Predict the Elaboration of Song Displays in Mockingbirds**. Current Biology 19:1151–1155.
- BYERS, J., HEBETS, E. & PODOS, J. 2010. **Female mate choice based upon male motor performance**. Animal Behaviour 79:771–778.
- CATCHPOLE, C.K. 1980. **Sexual Selection and the Evolution of Complex Songs Among European Warblers of the Genus *Acrocephalus***. Behaviour 74(1):149–165.
- CATCHPOLE, C.K. 1982. The evolution of bird sounds in relation to mating and spacing behavior. In: KROODSMA, D. E. & MILLER, E. H. **Acoustic communication in birds**. Vol. 1. Academic Press, New York.
- COLLINS, S. A., KORT, S. R., PÉREZ-TRIS, J. & TELLERÍA, J. L. 2009. **Migration strategy and divergent sexual selection on bird song**. Proceedings of the Royal Society Biology 276:585–590.
- DARWIN, C. 1871. **The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex**. John Murry, London, UK.
- DIAS, A. F. S. 2009. **Comparação e descrição de parâmetros acústicos do canto de *Volatinia jacarina* (Aves: Emberizidae) no contexto de seleção sexual**. Tese de Mestrado, Universidade de Brasília, Brasília, DF.
- DOUCET, S. M. 2002. **Structural plumage coloration, male body size, and condition in the blue-black grassquit**. Condor 104:30–38.
- FRIEDMAN, N. & REMEŠ, V. 2016. **Ecogeographical gradients in plumage coloration among Australasian songbird clades**. Global Ecology and Biogeography 26(3):261–274.
- HILL, G.E. 1990. **Female house finches prefer colourful males: sexual selection for a condition-dependent trait**. Animal Behaviour 40(3):563–572.
- KALUTHOTA, C., BRINKMAN, B.E., DOS SANTOS, E.B., RENDALL, D. 2016. **Transcontinental latitudinal variation in song performance and complexity in house wrens (*Troglodytes aedon*)**. Proceedings Royal Society Biology 283:20152765.

- MACEDO, R. H. F. 2008. **Neotropical model systems: Social and mating behavior of birds.** *Ornitologia Neotropical* 19:85-93.
- MACEDO, R. H., KARUBIAN, J. & WEBSTER, M. S. 2008. **Extrapair paternity and sexual selection in socially monogamous birds: are tropical birds different?** *Auk* 125:769-777.
- MACHADO, G. BUZZATO, B. A., GARCÍA-HERNÁNDEZ, S. & MACÍAS-ORDOÑEZ, R. 2016. **Macroecology of Sexual Selection: A Predictive Conceptual Framework for Large-Scale Variation in Reproductive Traits.** *The American Naturalist* 188(S1):S8-S27.
- MACÍAS-ORDOÑEZ, R., MACHADO, G. & MACEDO, R.H. 2013. Macroecology of sexual selection: large-scale influence of climate on sexually selected traits. In: MACEDO, R.H. & MACHADO, G. **Sexual Selection: Perspectives and Models from the Neotropics.** 1 ed. Academic Press, San Diego, CA, p.1–32.
- MAGRATH, M.J.L. & KOMDEUR, J. 2003. **Is male care compromised by additional mating opportunity?** *Trends in Ecology and Evolution* 18(8):424-430.
- MANICA, L., PODOS, J., GRAVES, J. & MACEDO, R.H. 2013. Flights of fancy: mating behavior, displays and ornamentation in a neotropical bird. In: MACEDO, R.H. & MACHADO, G. **Sexual Selection: Perspectives and Models from the Neotropics.** 1 ed. Academic Press, San Diego, CA, p.391–407.
- MANICA, L. T. MAIA, R., DIAS, A., PODOS, J. & MACEDO, R. H. 2014. **Vocal output predicts territory quality in a Neotropical songbird.** *Behavioural Processes* 109:21–26.
- MANICA, L.T., GRAVES, J.A., PODOS, J. & MACEDO, R.H. 2016. **Multimodal flight display of a neotropical songbird predicts social pairing but not extrapair mating success.** *Behavioral Ecology Sociobiology* 70:2039–2052.
- MANICA, L.T., MACEDO, R. H., GRAVES, J. A. & PODOS, J. 2017. **Vigor and skill in the acrobatic mating displays of a Neotropical songbird.** *Behavioral Ecology* 28(1):164–173.
- MØLLER, A. P. 1998. **Female choice selects for male sexual tail ornaments in the monogamous swallow.** *Nature* 332:640-642.
- MØLLER, A. P., CHABI, Y., CUERVO, J. J., DE LOPE, F., KILPIMAA J., KOSE, M., MATYJASIAK, P., PAP, P. L., SAINO, N., SAKRAOUI, R., SCHIFFERLI, L. & VON HIRSCHHEYDT, J. 2006. **An analysis of continent-wide patterns of sexual selection in a passerine bird.** *Evolution* 60(4):856-868.
- MONTEIRO, N., CUNHA, M., FERREIRA, L., VIEIRA, N., ANTUNES, A., LYONS, D., JONES, A. G. 2017. **Parabolic variation in sexual selection intensity across the range of a cold-water pipefish: implications for susceptibility to climate change.** *Global Change Biology*. No prelo.
- PARRIS, K. M. & SCHNEIDER, A. 2008. **Impacts of Traffic Noise and Traffic Volume on Birds of Roadside Habitats.** *Ecology and Society* 14(1):29.

PEEL, M. C., FINLAYSON, B. L. & MCMAHON, T. A. 2007. **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification**. Hydrology and Earth System Sciences 11:1633-1644.

PODOS, J.A. 1997. **Performance Constraint on the Evolution of Trilled Vocalizations in a Songbird family (Passeriformes: Emberizidae)**. Evolution 51:537-551.

R Development Core 13 Team, 2017 Vienna, Austria. ISBN 3-900051 07-0, URL <http://www.R-project.org/>

RICKLEFS, R. 1966. **The temporal component of diversity among species of birds**. Evolution 20:235–242.

SICK, H. 2001. **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira.

SINGH, P. & PRICE, T. D. 2015. **Causes of the latitudinal gradient in birdsong complexity assessed from geographical variation within two Himalayan warbler species**. Ibis 157:511–527.

SLABBEKOORN, H. & PEET, M. 2003. **Ecology: Birds sing at a higher pitch in urban noise**. Nature 424:267-268.

STUTCHBURY, B.J.M. & MORTON, E.S. 2001. **Behavioral Ecology of Tropical Birds**. Academic Press, San Diego, California.

STUTCHBURY, B.J.M. & MORTON, E. 2008. **Recent advances in the behavioral ecology of tropical birds**. The Wilson Journal of Ornithology 120:26–37.

WEIR, J. T., WHEATCROFT, D. J. & PRICE, T. D. 2012. **The role of ecological constraint in driving the evolution of avian song frequency across a latitudinal gradient**. Evolution 66(9):2773-2783.

WYNDHAM, E. 1986. **Length of bird's breeding season**. American Naturalist 128:155–164.

Zuk, M. 2016. **Temperate assumptions: how where we work influences how we think**. American Naturalist 188(S1):S1–S7.

APÊNDICE 1 – LISTA DE GRAVAÇÕES

Foram utilizadas as seguintes gravações, retiradas do acervo [Macaulay Library – Cornell Lab of Ornithology](#): 177108, 20255, 91025, 132448, 132445, 177434, 63543, 20046, 89026, 13334, 91385, 91377, 10446, 89096, 106154, 106132, 127668, 127531, 127530, 127529, 127524, 127521, 42897, 117171, 117060, 80999, 113202, 113198, 113029, 117959, 131196, 63544, 195502, 192298, 134243, 110193, 110192, 110177, 25500, 63541, 63539, 15559, 15558, 15554, 15557, 15556, 15555, 63538, 165048, 63540, 15552, 184131, 63542, 15547, 15549, 15548, 15546, 15545, 15544, 136, 15561, 15560, 15550.